

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP – 2021

### Medidor de Irradiância e Irradiação Solar de Baixo Custo

GIR HENG MEU LEI<sup>1</sup>, MARCELO KENJI SHIBUYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Câmpus Guarulhos,  
[gir.heng@aluno.ifsp.edu.br](mailto:gir.heng@aluno.ifsp.edu.br)

<sup>2</sup> Professor orientador, Doutor em Engenharia de Produção, IFSP Campus Guarulhos,  
[marcelo.shibuya@gmail.com](mailto:marcelo.shibuya@gmail.com)

**RESUMO:** Este projeto tem como objetivo mostrar os resultados obtidos com um medidor de irradiância e irradiação que está sendo elaborado em projeto de iniciação científica. Esse equipamento irá auxiliar em atividades práticas do ensino de sistemas de geração de energia fotovoltaica. Para o desenvolvimento do projeto, os valores de correntes de curto circuito de um módulo fotovoltaico foi correlacionado com um solarímetro comercial e assim, por meio de gráfico de dispersão, foi possível obter a equação de correlação entre esses dois valores. Após a obtenção dos dados, um Arduino foi programado para converter a corrente de curto-circuito medida em valores de irradiância solar. No final do artigo, é possível verificar que o medidor tem bom potencial de ser utilizado como equipamento para práticas laboratoriais, sendo ainda necessário passar por algumas modificações.

**PALAVRA-CHAVE:** energia fotovoltaica; regressão linear; irradiância solar

### LOW-COST SOLAR IRRADIANCE AND IRRADIATION METER

**ABSTRACT:** This project aims to show the results obtained with an irradiance and irradiation meter that is being developed in a scientific initiation project. This equipment will assist in practical activities of photovoltaic energy classes. For the development of this project, the short-circuit current values of a photovoltaic module were correlated with a commercial solarimeter and thus, using a scatter plot, it was possible to obtain the correlation equation between these two values. After obtaining the data, an Arduino was programmed to convert the measured short-circuit current into solar irradiance values. At the end of the article, it is possible to verify that the meter has good potential to be used as equipment for laboratory practices, and it is still necessary to undergo some modifications.

**KEYWORDS:** solar energy; linear regression; solar irradiance;

### INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de energia elétrica que se percebe em todo o mundo, juntamente com a necessidade de diminuir a dependência de fontes provenientes do petróleo tem levado a humanidade à busca de fontes alternativas de energia. Dentro desse cenário, VILLALVA (2015) destaca que as fontes tradicionais de energia, tais como a hidrelétrica, termoeétrica a carvão e derivados de petróleo estão sendo substituídas pelas fontes renováveis de energia. Dentre as principais fontes renováveis, segundo o mesmo autor, tem-se no Brasil a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Por possuir um baixo impacto ambiental, a energia solar fotovoltaica tem sido o centro de várias pesquisas, sendo uma delas o aumento da eficiência de sistemas fotovoltaicos.

De acordo com VILLALVA (2015), uma das formas de se gerenciar a geração de energia solar fotovoltaica é o monitoramento da irradiação solar, que é a energia proveniente do sol que incide sobre a superfície dos módulos fotovoltaicos. PINHO e GALDINO (2014) acrescentam que a medição da irradiância e irradiação solar são importantes para o estudo de eficiência e funcionamento dos módulos fotovoltaicos, sendo que a quantidade de energia gerada pelos geradores fotovoltaicos é diretamente

proporcional à energia solar recebida por esses dispositivos. Ainda, segundo os mesmos autores, a irradiância solar é uma medida de potência que o sol fornece por uma determinada área (unidades em  $W/m^2$ ) e a irradiação é a energia fornecida pelo sol para uma determinada área (unidades em  $Wh/m^2$ ).

Conforme definido por VILLALVA (2015), a radiação solar que é recebida pelo sol em uma determinada superfície é denominada por radiação global, que é por sua vez composta pela radiação difusa e a radiação direta. A FIGURA 1 ilustra a radiação direta, difusa e global. PINHO e GALDINO (2014) acrescentam que a medição da irradiância solar pode ser realizada por meio dos seguintes instrumentos de medidas a saber: piranômetro, pireliômetro e a célula de referência.

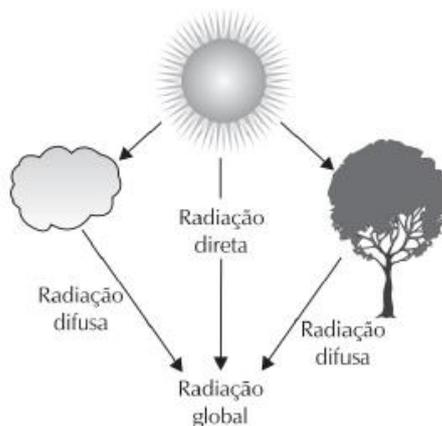


FIGURA 1: tipos de radiação solar

Fonte: VILLALVA (2015)

Diante dessa breve introdução, esse artigo tem como objetivo descrever os resultados iniciais obtidos com as medições realizadas por um medidor de irradiância e irradiação que está sendo elaborado em projeto de iniciação científica. Esse instrumento de medida tem o objetivo de ser um medidor de baixo custo para que seja utilizado em laboratório de ensino de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para elaborar o equipamento proposto no projeto de iniciação científica, foram utilizados os seguintes materiais:

- Arduino UNO R3
- Sensor INA 219
- Display LCD 16x2 com módulo I2C
- Módulo fotovoltaico 6V / 1W
- Bateria de 9 V
- Módulo de cartão SD
- Solarímetro marca ICEL modelo 2000.
- Multímetro

A construção do medidor de irradiância proposto nesse projeto, consiste na medição das correntes de curto-circuito de um módulo fotovoltaico de pequena potência e fazer a correlação dessa corrente medida com as respectivas irradiâncias medidas no mesmo plano em que o foi realizada a medição desse módulo fotovoltaico. As medições de irradiâncias deverão ser realizadas com auxílio de um solarímetro disponível no laboratório de energia solar fotovoltaica do campus.

Com a finalidade de se obter uma amostragem significativa de dados, planejou-se coletar aproximadamente 200 pares de dados de corrente de curto-circuito e o respectivo valor de irradiância solar, de tal forma que esses valores façam a varredura de toda a amplitude da irradiância solar possível

de ser fornecida pelo sol. No nível do solo terrestre, segundo PINHO E GALDINO (2014), essa amplitude varia de  $0\text{W}/\text{m}^2$  até o valor de  $1.000\text{W}/\text{m}^2$ .

Com os pares de valores de corrente de curto-circuito e da irradiância medidos, é possível de se traçar o gráfico de regressão linear e assim, obter a equação da reta que representa a correlação entre esses dois valores.

Após o cálculo da regressão linear, foram feitas as conexões do Arduino com o sensor INA 219 e o LCD 16x2. O módulo fotovoltaico é então ligado ao sensor e o Arduino é responsável por fazer a leitura da corrente de curto-circuito e em seguida, converter o valor lido em irradiância ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) por meio da equação da reta de regressão linear obtida. Além disso, por meio do módulo de cartão SD, o Arduino salva os valores de irradiância para que posteriormente seja possível fazer a curva desses dados. Com isso, é possível obter o valor da irradiação ( $\text{W.h}/\text{m}^2$ ) a partir do calcula da área abaixo desta curva.

Na FIGURA 2 e na FIGURA 3 são mostrados o circuito e a aparência do medidor construído:

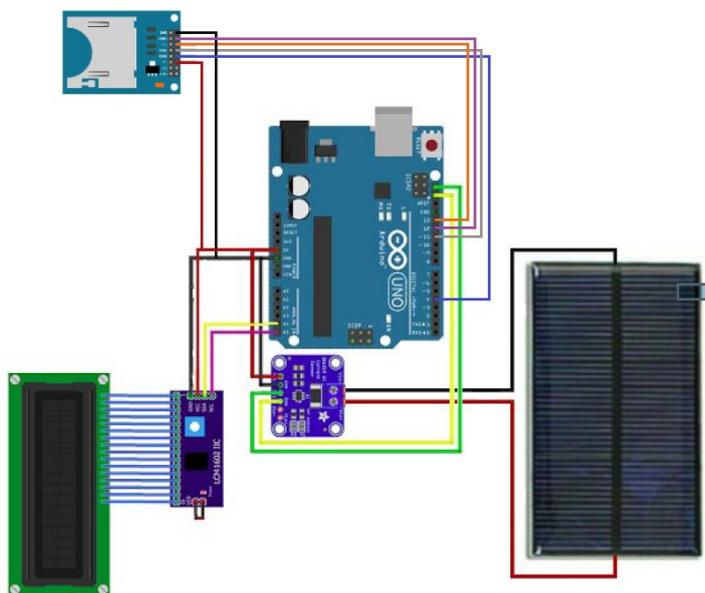


FIGURA 2. Representação do Circuito do Medidor



FIGURA 3. Medidor de Irradiância e Irradiação de Baixo Custo

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na FIGURA 3, é apresentado o gráfico que mostra a dispersão dos pontos, sua regressão linear e a equação que a forma. Com ela, é possível observar que a corrente de curto-circuito é diretamente proporcional a irradiância solar. No entanto, é notável também que há uma incerteza relevante em relação a reta obtida. Essa incerteza pode ser atribuída à imprecisão dos instrumentos de medição utilizados e à própria variação dos valores de corrente de curto-circuito do módulo fotovoltaico.

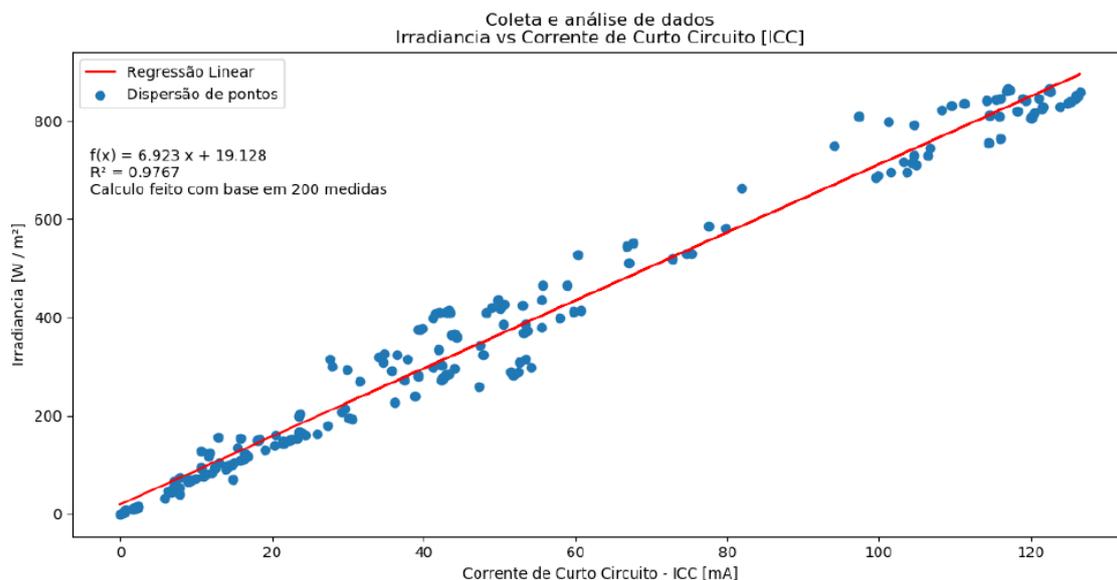


FIGURA 3. Gráfico para a análise dos dados.

Já na FIGURA 4, apresenta-se a curva de irradiância de um dos testes feitos em um plano horizontal. Infelizmente, durante a medição desses dados, as condições atmosféricas não eram muito favoráveis, pois havia a presença de várias nuvens. Durante essas medidas, o valor máximo de irradiação obtido foi de 138,21 W/m<sup>2</sup>. Quanto a irradiação, fazendo-se o cálculo da área abaixo da curva, foi obtido um valor aproximado de 89,7 Wh/m<sup>2</sup> que é valor da energia solar recebida no plano do módulo fotovoltaico.

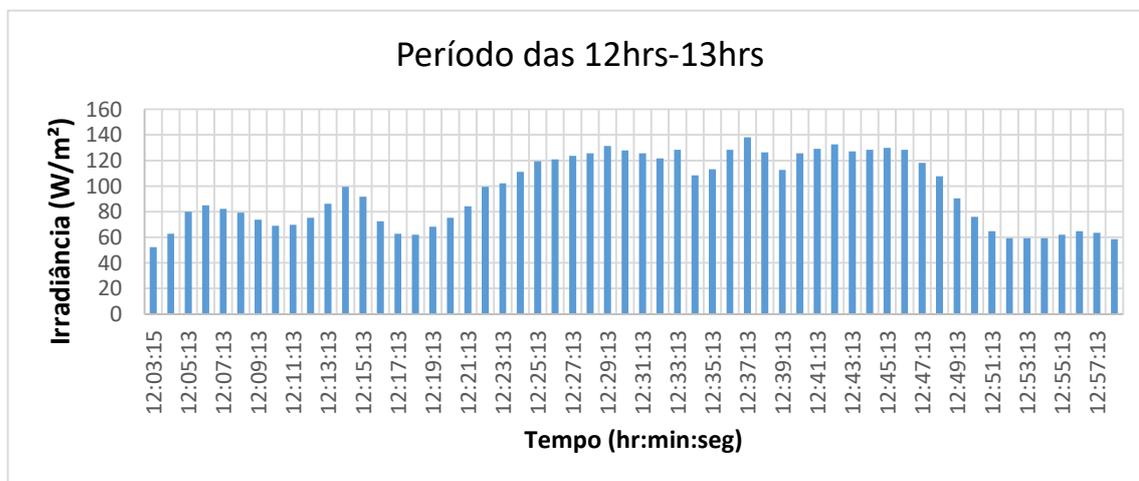


FIGURA 4. Curva de irradiância.

## **CONCLUSÃO**

Através dos dados obtidos, é possível constatar que o medidor construído está funcionando conforme o esperado. Apesar de possuir uma dispersão aparentemente alta nos pontos coletados e apresentados no gráfico da FIGURA 1, a reta obtida e a respectiva equação da reta mostra que há uma ótima correlação entre os dados, fato esse demonstrado pelo valor de  $R^2$  que é igual a 0,9767..

Vale ressaltar também que o projeto ainda está em fase de execução e uma grande vantagem desse equipamento que está sendo desenvolvido é o seu baixo custo e a possibilidade de se fazer medições de irradiância e da irradiação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao professor Marcelo Kenji Shibuya e ao estudante Rafael Maurelli pela à ajuda no desenvolvimento do projeto.

## **REFERÊNCIAS**

PINHO, J.; GALDINO, M. A., Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPTEL, 2014.

VILLALVA, M. G., Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações, 2ª Edição, Editora Erica, 2016.